

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-292036

(43)公開日 平成5年(1993)11月5日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/16 10/08		8426-5K 8426-5K	H 0 4 B 9/ 00	J K

審査請求 未請求 請求項の数14(全 12 頁)

(21)出願番号 特願平4-85314

(22)出願日 平成4年(1992)4月7日

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 中野 博行  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 佐々木 慎也  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 対馬 英明  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 光増幅中継装置

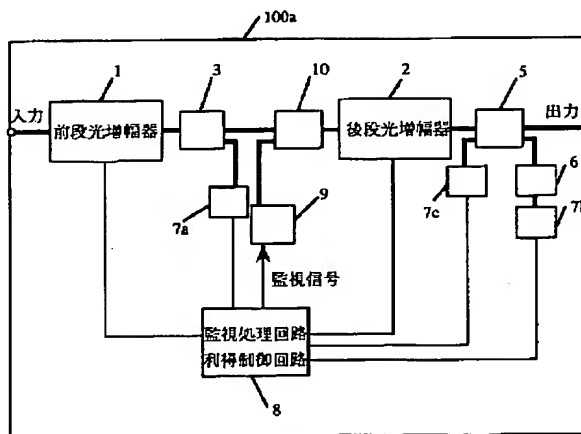
(57)【要約】

【目的】 利得制御や光増幅器監視または主信号ループバックの機能を備え、このために必要な光分岐器や光合波器の損失による雑音指数の増加や光出力電力の低下が抑えた、低雑音かつ高出力な光増幅装置を提供する。

【構成】 該光増幅装置は、前段光増幅器、後段光増幅器など複数に分割された光増幅器から構成されている。これらの光増幅器の分割部、すなわち、該光増幅装置の中間部に、光信号の一部を検出するための光分岐器、または主信号とは異なる光波長の監視光信号を波長多重または分離する光合波器または光分波器を設置する。

【効果】 上記光分岐器または光合波器が、光増幅装置の中間部に設置されているため、入力部の過剰損失による雑音指数の増加や出力部の過剰損失による光出力の低下が抑制される。波長多重された監視光信号は後段光増幅器により、主信号と同様に増幅される出力レベルが増大する。波長分離される監視光信号は前段光増幅器により増幅された後、分波器を通して受信されるため受信感度が向上する。

(図1)



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】光増幅器を用いた光増幅中継装置において、該光増幅器が複数に分割され、その分割部において、光信号の一部を出力する光分岐器を設置し、中間光出力状態を検出し、その前後の光増幅器の監視および制御を行うことを特徴とする光増幅中継装置。

【請求項 2】光増幅器を用いた光増幅中継装置において、該光増幅器が複数に分割され、その分割部において、光合波器を設置し、主信号とは波長の異なる光信号を波長多重することを特徴とする光増幅中継装置。

【請求項 3】光増幅器を用いた光増幅中継装置において、該光増幅器が複数に分割され、その分割部において、光合分波器を設置し、主信号とは波長の異なる光信号を波長分離または波長多重することを特徴とする光増幅中継装置。

【請求項 4】光増幅器を用いた光増幅中継装置において、該光増幅器が複数に分割され、その分割部において、光信号の一部を出力する光分岐器を設置し、中間光出力状態を検出し、また、光合波器を設置し、主信号とは光波長の異なる光信号を波長多重することを特徴とする光増幅中継装置。

【請求項 5】請求項 2 記載の光増幅中継装置において、上記主信号とは波長の異なる光信号が、該光増幅中継装置の監視情報光信号であることを特徴とする光増幅中継装置。

【請求項 6】請求項 3 記載の光増幅中継装置において、上記主信号とは波長の異なる光信号が、該光増幅中継装置の監視情報光信号であることを特徴とする光増幅中継装置。

【請求項 7】請求項 4 記載の光増幅中継装置において、上記主信号とは波長の異なる光信号が、該光増幅中継装置の監視情報光信号であることを特徴とする光増幅中継装置。

【請求項 8】光増幅器を用いた受信用光増幅装置において、該光増幅器の入力部において、光信号の一部を出力する光分岐器を設置し、該光増幅器の入力状態を検出し、また、光合波器を設置し、主信号とは光波長の異なる光信号を波長多重することを特徴とする送信用光増幅装置。

【請求項 9】請求項 8 記載の送信用光増幅装置において、主信号とは波長の異なる光信号が、該光増幅装置の監視情報光信号であることを特徴とする送信用光増幅装置。

【請求項 10】光増幅器を用いた受信用光増幅装置において、該光増幅器の出力部において、光分波器を設置し、主信号とは光波長の異なる光信号を波長分離することを特徴とする受信用光増幅装置。

【請求項 11】請求項 10 記載の受信用光増幅装置において、主信号とは波長の異なる光信号が、該光受信装置が使用されている光中継装置または光送信装置の監視情

報光信号であることを特徴とする受信用光増幅装置。

【請求項 12】光信号の伝搬方向が互いに異なる一対の光増幅器を用いた光増幅中継装置において、それぞれの該光増幅器が複数に分割され、その分割部において、光信号の一部を出力する光分岐器を設置し、中間光出力状態を検出し、その前後の光増幅器の監視および制御を行い、さらに、他方の光増幅器の分割部に設置された光合流器により逆方向の光伝送ループに光信号を移して光増幅伝送してループバックすることを特徴とする光増幅中継装置。

【請求項 13】請求項 12 記載の光増幅中継装置において、各光増幅器の分割部に光合波器を設置し、主信号とは光波長の異なる光信号を波長多重することを特徴とする光増幅中継装置。

【請求項 14】請求項 13 記載の光増幅中継装置において、主信号とは波長の異なる光信号が、該光送信装置の監視情報光信号であることを特徴とする光増幅中継装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光伝送システムにおいて、光中継器などに適用される光増幅装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、光増幅中継器の利得制御については、文献、トピカル ミーティングオン オプティカル アンプリファイヤーズ アンド ゼア アプリケーションズ、1991年、論文 ピーディーピー-11 (Topical Meeting on Optical Amplifiers and Their Applications, 1991, Paper Pdp11.) に、また、光増幅中継器の監視信号転送については、特開平 3-214936 号公報に記載されている。

【0003】図 9 に従来の光増幅中継器の構成と利得制御方法を示す。該光増幅中継器は、エルビウムドープ光ファイバ A1a、A1b を用いた 2 段構成の光ファイバ増幅器となっている。エルビウムドープ光ファイバ A1a は、励起光源 A2a により波長多重カプラ A3a 及び光アイソレータ A4a を通して励起される。同様に、エルビウムドープ光ファイバ A1b は、励起光源 A2b により波長多重カプラ A3b を通して励起される。A4b、A4c は光アイソレータ、A5 はバンドパスフィルタである。該光増幅中継器の入力部には光分岐器 A6a が設置され、入力主信号の一部が受光器 A7a によりモニタされ、光入力断を検出する。また、該光増幅中継器の出力部には光分岐器 A6b が設置され、出力主信号の一部及び出力光コネクタからの反射光が受光器 A7b 及び A7c によりそれぞれモニタされ、光出力レベル及び光出力開放を検出する。受光器 A7a、A7b、A7c でモニタされた情報により、利得制御回路 A8 を用いて

励起光源A 2 a及びA 2 bの動作電流を変化させて光増幅器の利得を制御し、光出力を安定化させる。

【0004】図10に従来の光増幅中継器の構成と監視転送方法を示す。光増幅器B 1、監視光源B 9、合波器B 10、監視処理回路B 8である。監視光源B 9の光波長は、主信号光の光波長と異なる発振波長を有する。光増幅器B 1への光入力状態または当該光増幅器B 1の光出力状態または当該光増幅器B 1の動作状態を監視し、これら監視情報に基づいた監視信号により監視処理回路B 8を通して監視光源B 9が光振幅変調される。ここで発生した監視信号光は、光増幅器B 1の出力部に設置された合波器B 10により、主信号と波長多重され伝送される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記図9に示した従来知られている光増幅中継器では、該光増幅中継器の入力部において、分岐器A 6 aを設置しているため、該分岐器A 6 aの挿入損失のため光増幅中継器の雑音指数が増加する。また、エルビウムドープ光ファイバA 1 aにより構成される前段光増幅器に障害が起きた場合、エルビウムドープ光ファイバA 1 bにより構成される後段光増幅器の出力を安定化させる機能を有する利得制御回路A 8のため、励起光源A 2 a及びA 2 bの動作電流が過大に制御され、制御系が暴走してしまう問題がある。さらに、光増幅器の動作状態は、前段及び後段全体の状態として監視され、前段光増幅器及び後段光増幅器それぞれの個別監視ができない。

【0006】上記図10に示した従来知られている光増幅中継器では、光増幅器B 1の出力部において、監視情報信号が載せられた、主信号とは別波長の監視光信号が合波器B 10により合波される。このため、該合波器B 10の挿入損失の分だけ、光出力が低下する。

【0007】本発明の目的は、光増幅器監視や利得制御が可能で、低雑音かつ高出力な光増幅装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の光増幅装置では、光増幅器の入力部または出力部に光部品を付加することなく、複数に分割された光増幅器の分割部において、光信号の合分波や分岐を行う光部品を設けた。

【0009】

【作用】図1の本発明による光増幅中継器100 aによれば、2段構成による光増幅器の中間部に監視信号合波用の光合波器10が設置されている。このため、光出力部に光合波器による過剰損失が付加されず、光出力が低下することは無い。光増幅器の中間部では、損失が加わるが、高出力光増幅器は飽和状態で使用されるため、光入力レベルが多少変動しても光出力電力は変動しない。光出力電力は、出力側の後段光増幅器2の励起光電力で

決定される。

【0010】また、図1の光増幅中継器によれば、2段構成による光増幅器の中間部に光信号モニタ用の光分岐器3が設置されている。このため、光入力部に光分岐器による過剰損失が付加されず、雑音指数が増加することはない。光増幅器の中間部では、損失が加わり、後段の高出力光増幅器の雑音指数は増加するが、光中継増幅器100 a全体の雑音指数は、前段の利得が十分である状態で使用されるため増加しない。

【0011】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。図1は本発明による光増幅中継器の第1の実施例の構成図である。光増幅中継器100 aは二つに分割され、前段光増幅器1と後段光増幅器2により構成される。それぞれの光増幅器の構成例は図2(a)及び(b)に示される光ファイバ増幅器である。該光増幅器は、本実施例では希土類ドープ型の光ファイバ増幅器について示すが、他の光増幅器、例えば、半導体型光増幅器を用いてもよい。前段光増幅器は、希土類ドープファイバ81、励起光源82、波長多重コブラ83、光アイソレータ84、85、および光バンドパスフィルタより構成される。後段光増幅器は、希土類ドープファイバ91、励起光源92、93、波長多重コブラ94、96、光アイソレータ95、97より構成される。図1において、前段光増幅器1は低雑音特性を維持するためにある一定の十分な励起光により励起される。後段光増幅器2では、光出力電力を安定化するために光出力の一部を光分岐器5、光バンドパスフィルタ6（自然放出光成分を抑圧するために用いる。）を通して受光器7 bにより検出し、これを一定にするように後段光増幅器2の励起光電力が制御される。受光器7 cは、出力光コネクタからのフレネル反射による反射光をモニタし、光出力開放を検出する。光主信号は、前段光増幅器1を通った後、後段光増幅器2によりさらに増幅され出力される。前段光増幅器1の光主信号出力は光分岐器3により一部分岐される。この分岐された光信号を受光器7 aにより検出することにより、後段光増幅器2への入力断が検出できる。後段光増幅器2は、前述のように光出力が一定となるよう利得制御しているため、この入力断検出により、後段光増幅器2の励起光が過大となり利得制御が暴走することはない。光増幅中継器の雑音指数は、入力部の損失分だけ大きくなるが、本実施例の方式では、光増幅中継器の入力部に光分岐器を設置する必要がないため、光分岐器の損失による光増幅中継器の雑音指数の増加がない。

【0012】また、前段光増幅器1と後段光増幅器2の光出力を両方モニタするため、それぞれの光増幅器の出力状態が監視できる。前段光増幅器1の利得は、前段光増幅器1の励起光電力とその光信号出力から求めることができ、前段光増幅器1の入力光信号レベルも監視でき

る。後段光増幅器2の利得は、後段光増幅器2と前段光増幅器1の光信号出力差から求めることができる。したがって、それぞれの光増幅器に利得状態を個別に監視することができる。

【0013】また、光増幅器の増幅波長帯域内で、主信号とは異なる波長の監視光信号が監視光源9より送出され、前段光増幅器1と後段光増幅器2の中間部にある光合波器10により主信号と波長多重される。この場合、光増幅中継器100aの出力部にも入力部にも光合波器を設置していないので、光合波器の損失による光出力の低下や雑音指数の増加がない。また、該監視光信号は、後段光増幅器2により増幅されるため、監視光源9の光出力電力は後段光増幅器2の利得分だけ小さくてよい。なお、ここでは、光合波器10により波長多重される光信号を監視光信号としたが、他の任意の情報を伝送することができる。

【0014】本実施例以下すべての実施例においては、光増幅装置の中間部において、または入出力部以外において光分岐機能と光合波機能を併せ持つ構成について示すが、いずれか一方の機能を有する構成でも、光増幅中継器の雑音指数増加や光出力電力の低下がない効果が得られる。

【0015】図3は本発明による光増幅中継器の第2の実施例の構成図である。第1の実施例と同様に光増幅中継器100bは二つに分割され、前段光増幅器1と後段光増幅器2および各光部品により構成される。光増幅器の増幅波長帯域内で、主信号とは異なる波長の監視光信号が監視光源9より送出され、前段光増幅器1と後段光増幅器2の中間部にある光合波器10により主信号と波長多重される。この場合、光増幅中継器100bの出力部にも入力部にも光合波器を設置しないので、光合波器に損失による光出力の低下や雑音指数の増加がない。また、該監視光信号は、後段光増幅器2により増幅されるため、監視光源9の光出力電力は後段光増幅器2の利得分だけ小さくてよい。

【0016】また、前段光増幅器1の光主信号出力は光分岐器3により一部分岐される。この分岐された光信号を光バンドパスフィルタ6aを通して受光器7aにより検出することにより、後段光増幅器2への入力断が検出できる。ここで、光バンドパスフィルタ6aは、監視光源9より送出された監視光信号を除去する目的で設置している。後段光増幅器2は、前述のように光出力が一定となるよう利得制御しているため、この入力断検出により、後段光増幅器2の励起光が過大となり利得制御が暴走することはない。本実施例の方式では、光増幅中継器の入力部に光分岐器を設置する必要がないため、光分岐器の損失による光増幅中継器の雑音指数の増加がない。また、前段光増幅器1と後段光増幅器2の光出力を両方モニタするため、それぞれの光増幅器の出力状態が監視できる。前段光増幅器1の利得は、前段光増幅器1の励

起光電力とその光信号出力から求めることができ、前段光増幅器1の入力光信号レベルも監視できる。後段光増幅器2の利得は、後段光増幅器2と前段光増幅器1の光信号出力差から求めることができる。したがって、それぞれの光増幅器に利得状態を個別に監視することができる。

【0017】図4は本発明による光増幅中継器の第3の実施例の構成図である。第1の実施例と同様に光増幅中継器100cは二つに分割され、前段光増幅器1と後段光増幅器2および各光部品により構成される。前段光増幅器1の光主信号出力は光分岐器3により一部分岐される。この分岐された光信号を受光器7aにより検出することにより、後段光増幅器2への入力断が検出できる。後段光増幅器2は、前述のように光出力が一定となるよう利得制御しているため、この入力断検出により、後段光増幅器2の励起光が過大となり利得制御が暴走することはない。本実施例の方式では、光増幅中継器の入力部に光分岐器を設置する必要がないため、光分岐器の損失による光増幅中継器の雑音指数の増加がない。また、前段光増幅器1と後段光増幅器2の光出力を両方モニタするため、それぞれの光増幅器の出力状態が監視できる。前段光増幅器1の利得は、前段光増幅器1の励起光電力とその光信号出力から求めることができ、前段光増幅器1の入力光信号レベルも監視できる。後段光増幅器2の利得は、後段光増幅器2と前段光増幅器1の光信号出力差から求めることができる。したがって、それぞれの光増幅器に利得状態を個別に監視することができる。

【0018】また、光増幅器の増幅波長帯域内で、主信号とは異なる波長の監視光信号が、1段前の光増幅中継器または光送信器より該光増幅中継器100cに伝送され、前段光増幅器1、光分岐器3および光合分波器10'を通して、受光器7dにより受信される。該光合分波器10'は、監視光信号と光主信号との波長多重および波長分離のために用いている。受光器7dにより受信信号は監視処理回路および利得制御回路8へ入力され、その監視情報は該光増幅中継器100cの監視情報と合わせて新たな監視情報信号を生成し、これを用いて監視光源9を変調する。光増幅器の増幅波長帯域内で、主信号とは異なる波長の監視光信号は監視光源9より送出され、前段光増幅器1と後段光増幅器2の中間部にある光合分波器10'により主信号と波長多重される。この場合、光増幅中継器100cの出力部にも入力部にも光合分波器を設置しないので、光合分波器に損失による光出力の低下や雑音指数の増加がない。また、該監視光信号は、後段光増幅器2により増幅されるため、監視光源9の光出力電力は後段光増幅器2の利得分だけ小さくてよい。

【0019】図5は本発明による光増幅器を用いた光送信器の第4の実施例の構成図である。光信号発生器1tおよび送信用光増幅器100tにより構成される。光増

幅器 2 t では、光出力電力を安定化するために光出力の一部を光分岐器 5、光バンドパスフィルタ 6 を通して受光器 7 b により検出し、これを一定にするように光増幅器 2 t の励起光電力が制御される。受光器 7 c は、出力光コネクタからのフレネル反射による反射光をモニタし、光出力開放を検出する。光信号発生器 1 t の光主信号出力は光分岐器 3 により一部分岐される。この分岐された光信号を受光器 7 a により検出することにより、光増幅器 2 t への入力断が検出できる。光増幅器 2 t は、光出力が一定となるよう利得制御しているため、この入力断検出により、光増幅器 2 t の励起光が過大となり利得制御が暴走することはない。また、光信号発生器 1 t と光増幅器 2 t の光出力を両方モニタするため、それぞれ個別の光出力状態が監視できる。

【0020】また、該光増幅器 2 t の増幅波長帯域内で、主信号とは異なる波長の監視光信号が監視光源 9 より送出され、光信号発生器 1 t と光増幅器 2 t の中間部にある光合波器 10 により主信号と波長多重される。この場合、送信用光増幅器 100 t の出力部に光合波器を設置しないので、光合波器に損失による光出力の低下がない。また、該監視光信号は、光増幅器 2 t により増幅されるため、監視光源 9 の光出力電力は光増幅器 2 t の利得分だけ小さくてよい。

【0021】図 6 は本発明による光増幅器を用いた光受信器の第 5 の実施例の構成図である。受信用光増幅器 100 r および光電変換部 2 r により構成される。光増幅器 1 r の増幅波長帯域内で、主信号とは異なる波長の監視光信号が、光伝送路中に置かれた光中継器より該受信用光増幅器 100 r に伝送され、光増幅器 1 r、光分波 10' を通して、受光器 7 d により受信される。該光分波器 10' は、監視光信号と光主信号との波長分離のために用いている。受光器 7 d により受信信号は監視処理回路および利得制御回路 8 へ入力される。この場合、受信用光増幅器 100 r の入力部に光分波器を設置しないので、光分波器の損失による雑音指数の増加がない。また、該監視光信号は、光増幅器 1 r により増幅されるため、受光器 7 d による監視光信号の受信感度が改善される。

【0022】光増幅器 1 r の光主信号出力は光分岐器 3 により一部分岐される。この分岐された光信号を受光器 7 a により検出することにより、光増幅器 1 r の利得を制御することができる。

【0023】図 7 は本発明による光増幅中継器の第 6 の実施例の構成図である。光増幅中継器 100 d は光主信号の伝搬方向が互いに異なる一対の光増幅中継器から構成される。また、それぞれの光増幅中継器は二つに分割され、前段光増幅器 1 f と後段光増幅器 2 f および前段光増幅器 1 b と後段光増幅器 2 b により構成される。前段光増幅器 1 f または 1 b の光主信号出力は光分岐器 3 f または 3 b により一部分岐される。光スイッチ 1 1

f、11 b は、通常 B 側に接続され、この分岐された光信号を受光器 71 f および 71 b により検出することにより、後段光増幅器 2 f、2 b への入力断が検出できる。受光器 71 f および 71 b の出力は、監視処理回路および利得制御回路（S で示す。）に接続されている。後段光増幅器 2 f、2 b は、前述のように光出力が一定となるよう利得制御しているため、この入力断検出により、後段光増幅器 2 f、2 b の励起光が過大となり利得制御が暴走することはない。光増幅中継器の雑音指数は、入力部の損失分だけ大きくなるが、本実施例の方式では、光増幅中継器の入力部に光分岐器を設置する必要がないため、光分岐器の損失による光増幅中継器の雑音指数の増加がない。

【0024】また、光主信号を逆の伝搬方向（ここでは、上りから下り）にループバックする場合、光スイッチ 11 f は B 側に、光スイッチ 11 b は A 側に接続される。即ち、上り主信号の一部は、光分岐器 3 f、光スイッチ 11 f、光分岐器 12、光スイッチ 11 b、光分岐器 3 b、後段光増幅器 2 b、光分岐器 5 b を通って、下り方向の出力側へ送りだされる。このとき、下り方向の前段光増幅器 1 b は遮断されており、ループバックされる光信号と混信することはない。図 7 において、下り方向から上り方向へ主信号をループバックする場合も上記と全く同様で、このとき光スイッチ 11 f は A 側に、光スイッチ 11 b は B 側に接続される。本実施例では、光増幅中継器 100 d の出力部にも入力部にも主信号ループバックのための光分岐器を設置しないので、光分岐器の損失による光出力の低下や雑音指数の増加がない。

【0025】図 8 は本発明による光増幅中継器の第 7 の実施例の構成図である。基本構成は、図 7 に示した第 6 の実施例と同じであり、光増幅中継器 100 e の中にはさらに光合波器 10 f、10 b、監視光源 9 a、9 b が付加されている。このため、図 1 に示した第 1 の実施例などと同様に、該光増幅中継器 100 e の動作状態および光信号入出力状態の監視情報を持つ信号により、該監視光源 9 a、9 b を変調し、それぞれ光合波器 10 a、10 b、後段光増幅器 2 f、2 b、光分岐器 5 f、5 b を通して、それぞれの上り、下りの光伝送路へ出力する。本実施例によれば、後段光増幅器の入力断検出のための光分岐器、監視情報光信号を波長多重するための光合波器、および主信号ループバックのための光分岐器を、光増幅中継器 100 e の出力部にも入力部にも設置しないので、それぞれの光部品の光分岐器の損失による光出力の低下や雑音指数の増加がない。

【0026】

【発明の効果】本発明によれば、低雑音、高出力特性に優れ、かつ監視制御信号転送や利得制御が可能な光増幅中継器が構成できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の実施例の光増幅中継器構成図

【図 2】 光ファイバ増幅器の構成例

【図 3】 第 2 の実施例の光増幅中継器構成図

【図 4】 第 3 の実施例の光増幅中継器構成図

【図 5】 第 4 の実施例の光増幅中継器構成図

【図 6】 第 5 の実施例の光増幅中継器構成図

【図 7】 第 6 の実施例の光増幅中継器構成図

【図 8】 第 7 の実施例の光増幅中継器構成図

【図 9】 従来の光増幅中継器の構成図

【図 10】 従来の光増幅中継器における監視情報転送

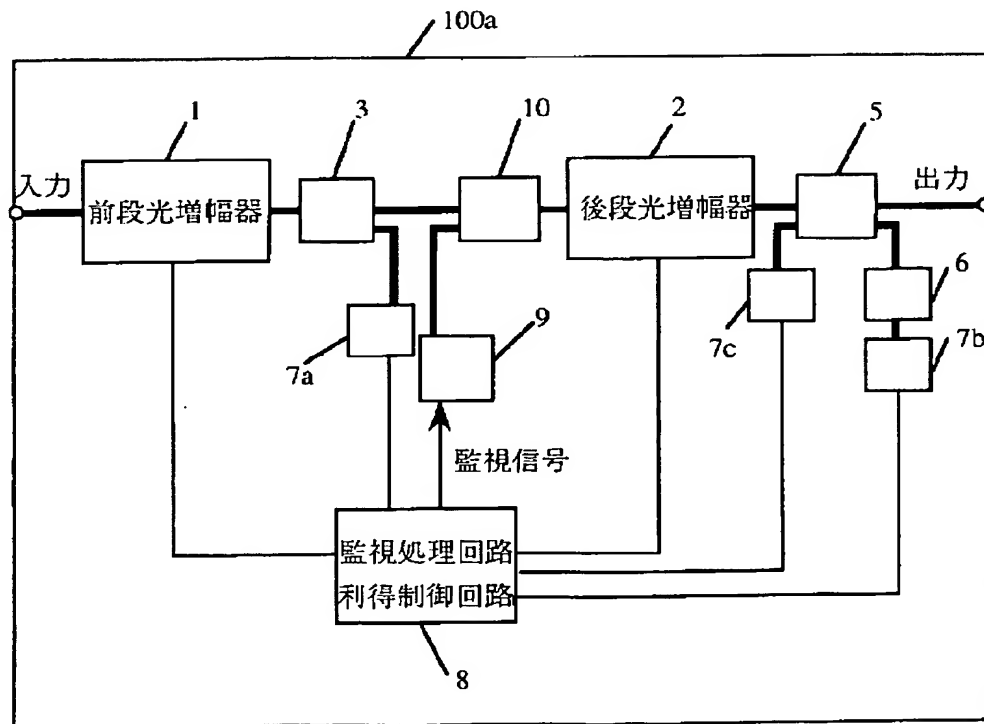
【符号の説明】

1, 1' : 前段光増幅器、1 t : 光信号発生器、1 r : 光増幅器、2 : 後段光増幅器、2 t : 光増幅器、2 r : 光電変換部、3 : 光分岐器、5 : 光分岐器、6, 6 a : 光バンドパスフィルタ、7 a, 7 b, 7 c, 7 d : 受光器、8 : 監視処理回路及び利得制御回路、9 : 監視光源、10 : 光合波器、10' : 光合分波器、10' ' : 光分波器、100 a, 100 b, 100 c, 100 d,

100 e, : 光増幅中継器、100 t : 送信用光増幅器、100 r : 受信用光増幅器、81, 91 : 希土類ドープファイバ、82, 92, 93 : 励起光源、83, 94, 96 : 波長多重カプラ、84, 85, 95, 97 : 光アイソレータ、1 f, 1 b : 前段光増幅器、2 f, 2 b : 後段光増幅器、3 f, 3 b, 5 f, 5 b : 光分岐器、6 f, 6 b : 光バンドパスフィルタ、71 f, 71 b, 72 f, 73 f, 72 b, 73 b : 受光器、9 f, 9 b : 監視光源、10 f, 10 b : 光合波器、11 f, 11 b : 光スイッチ、12 : 光分岐器、A1 a, A1 b : 希土類ドープファイバ、A2 a, A2 b : 励起光源、A3 a, A3 b : 波長多重カプラ、A4 a, A4 b, A4 c : 光アイソレータ、A5 : 光バンドパスフィルタ、A6 a, A6 b : 光分岐器、A7 a, A7 b, A7 c : 受光器、A8 : 利得制御回路、B1 : 光増幅器、B8 : 監視処理回路、B9 : 監視光源、B10 : 光合波器。

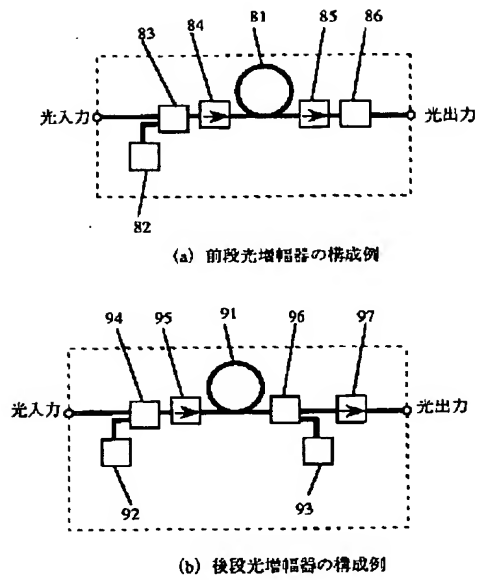
【図 1】

(図1)



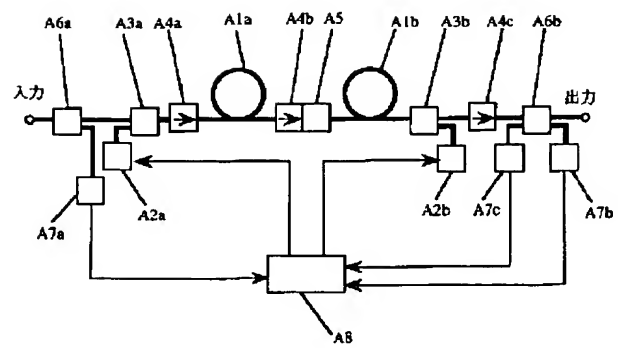
【図 2】

(図2)



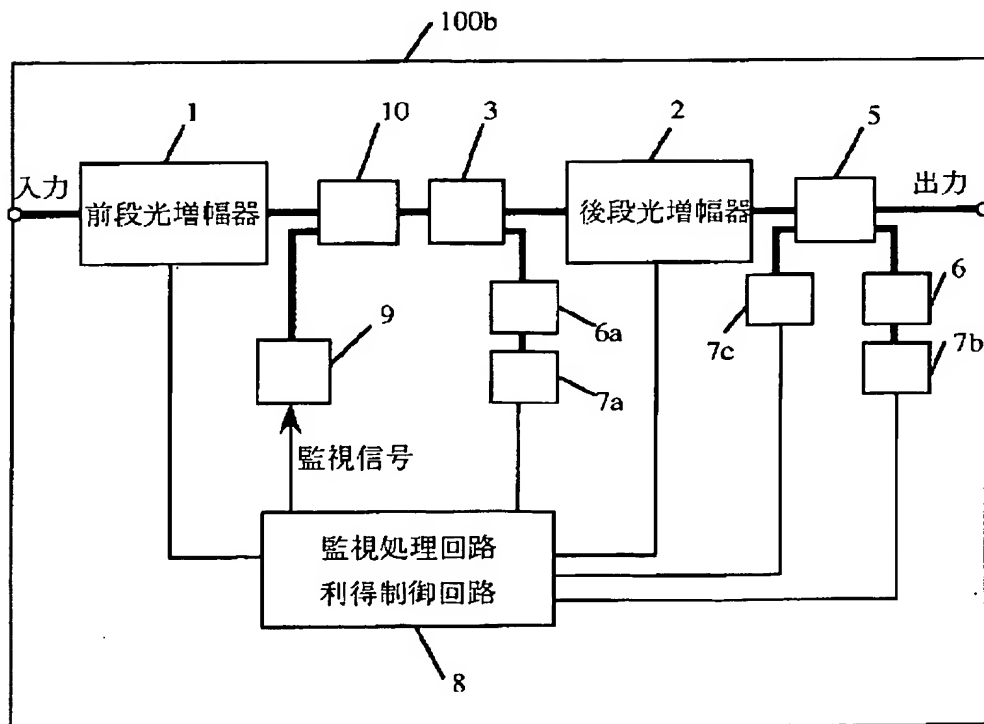
【図 9】

(図9)



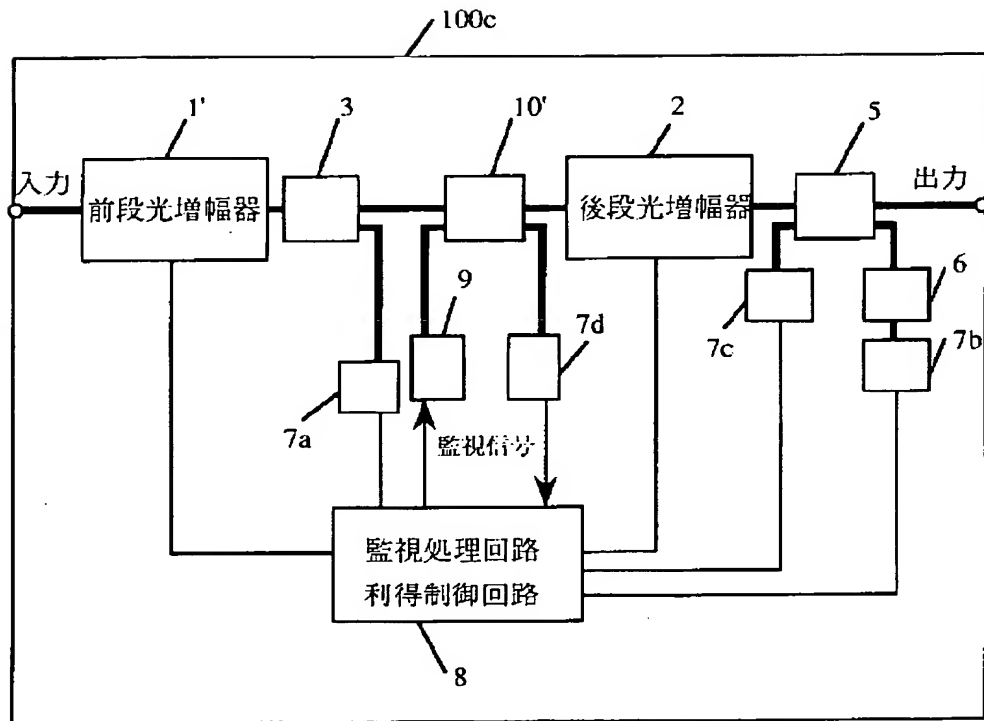
【図 3】

(図3)



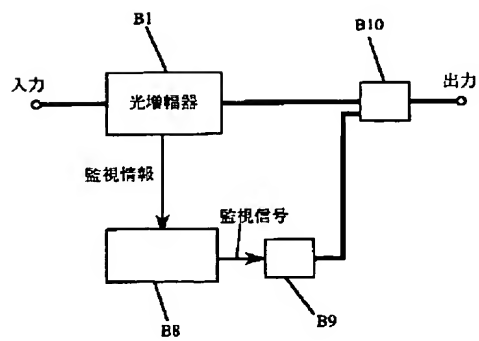
【図4】

(図4)



【図10】

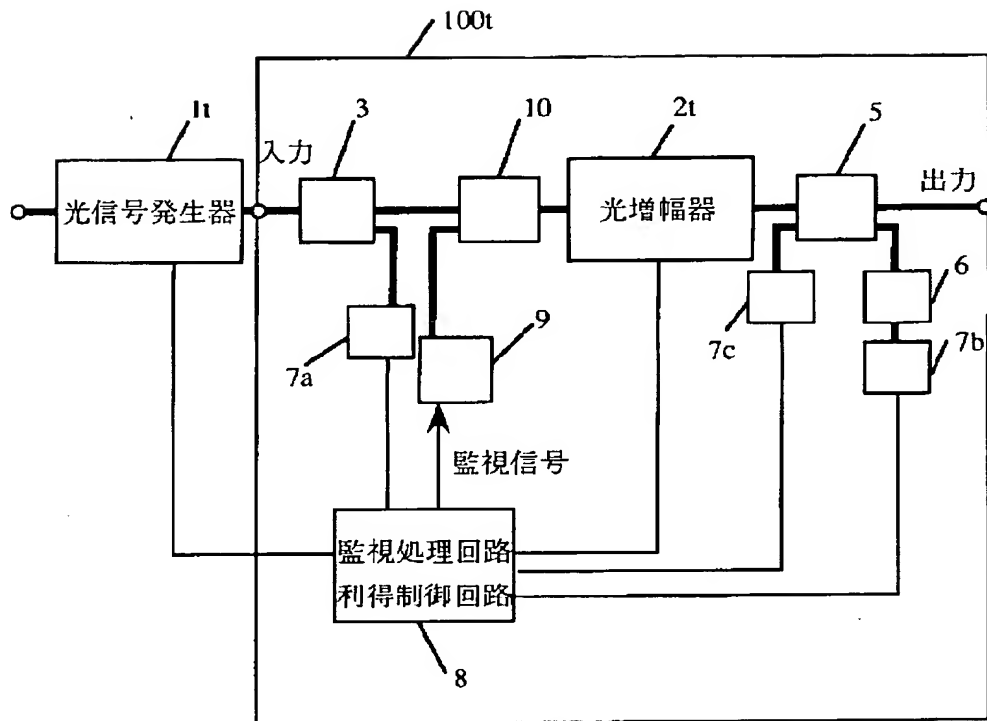
(図10)





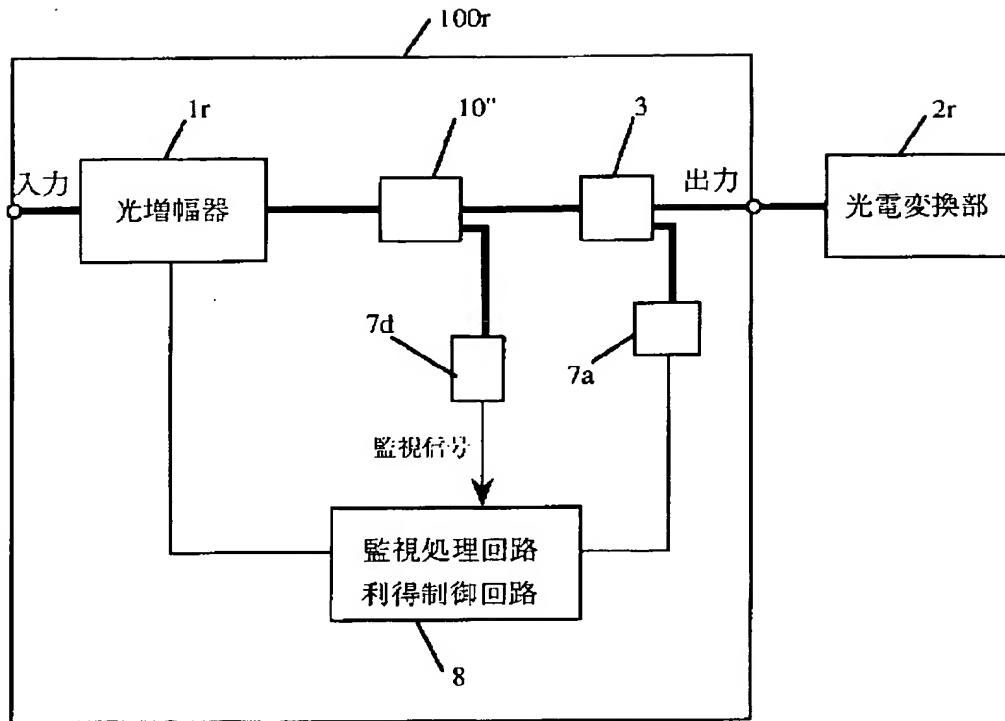
【図5】

(図5)

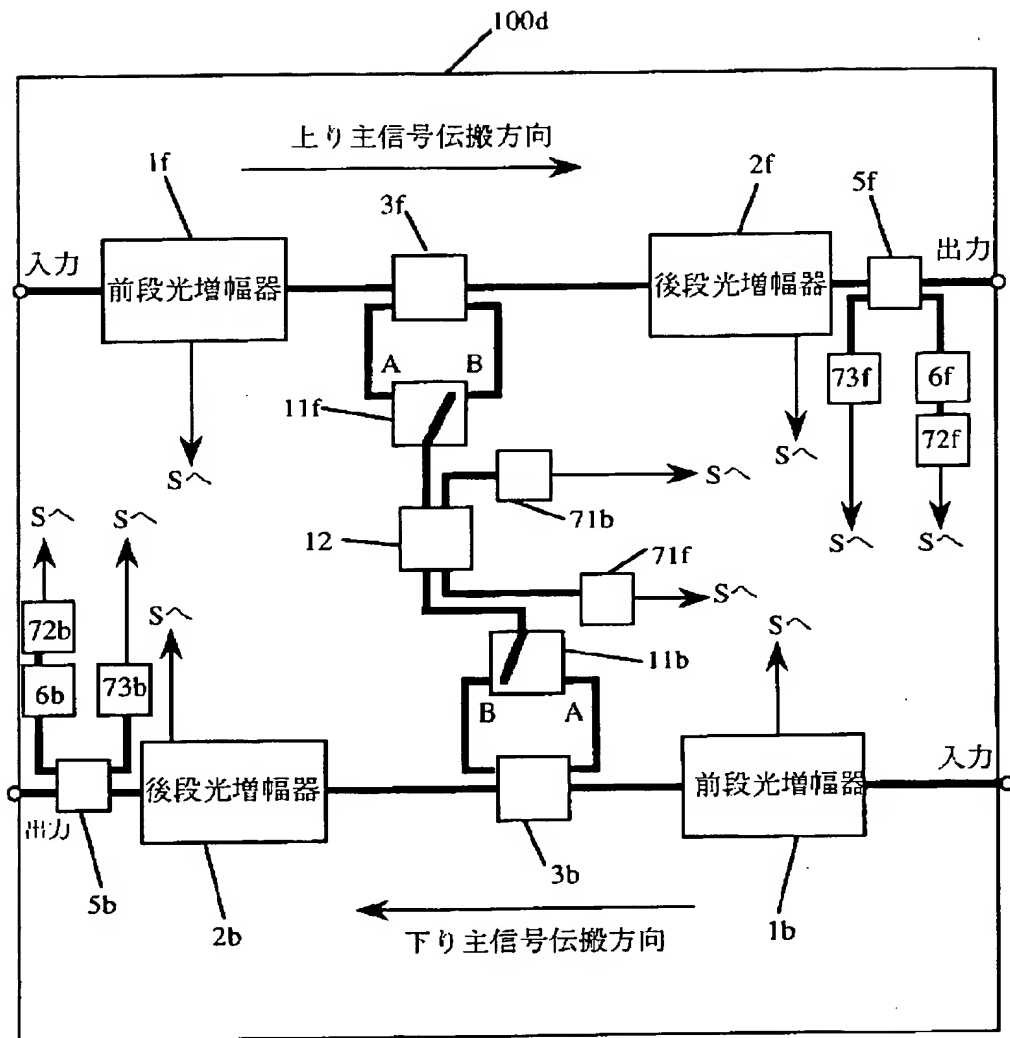


【図6】

(図6)



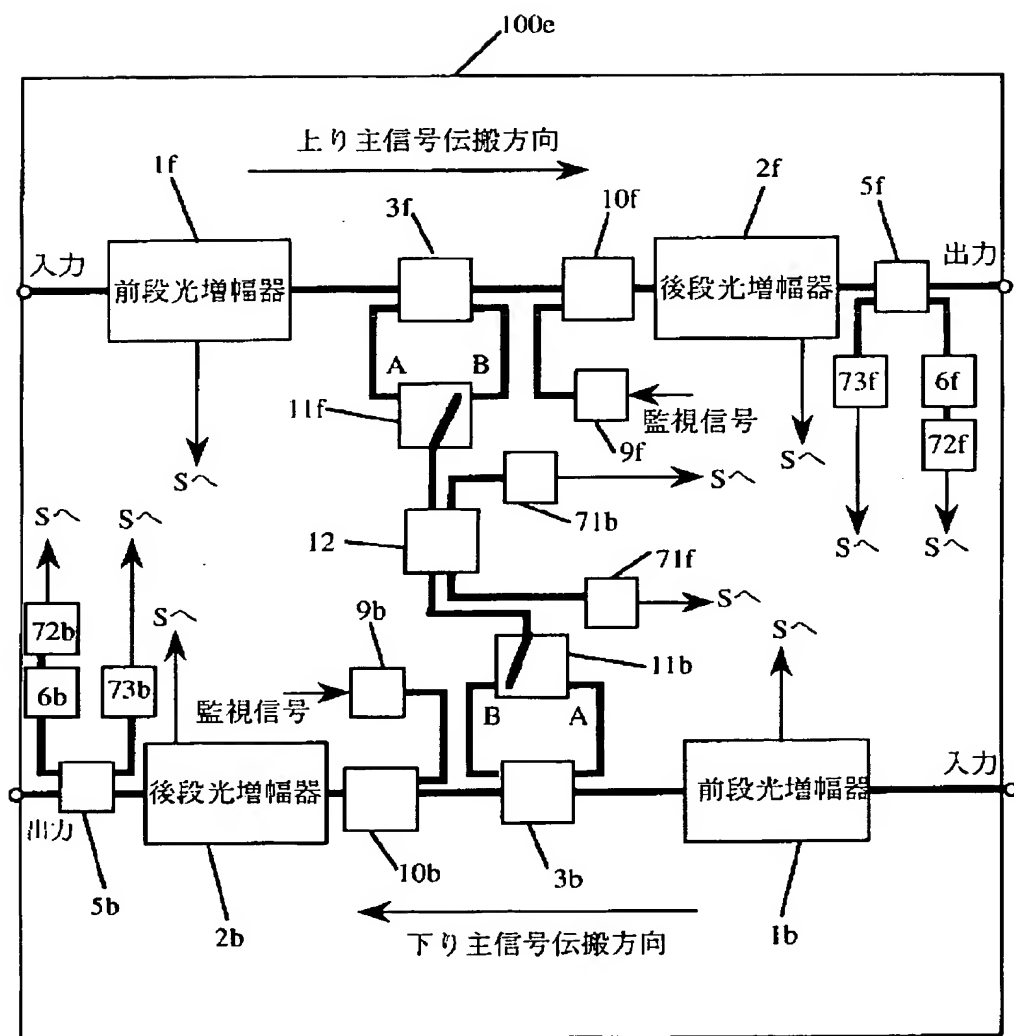
(圖7)



S: 監視処理回路及び利得制御回路

【図8】

(図8)



S: 監視処理回路及び利得制御回路